

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI
(c) 2002 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

011906081 **Image available**

WPI Acc No: 1998-322991/199828

XRPX Acc No: N98-252533

Aligner and method for exposure - uses position of wafer in each shot
region on stage that is found, by section as relative position to
reference mark formed on stage

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)

Inventor: NISHI K; OTA K

Number of Countries: 070 Number of Patents: 011

Patent Family:

| Patent No | Kind | Date | Applicat No | Kind | Date | Week |
|---------------|------|----------|---------------|------|----------|----------|
| WO 9824115 | A1 | 19980604 | WO 97JP4350 | A | 19971128 | 199828 B |
| JP 10163097 | A | 19980619 | JP 96332844 | A | 19961128 | 199835 |
| JP 10163098 | A | 19980619 | JP 96332845 | A | 19961128 | 199835 |
| JP 10163099 | A | 19980619 | JP 96332846 | A | 19961128 | 199835 |
| JP 10163100 | A | 19980619 | JP 96332847 | A | 19961128 | 199835 |
| JP 10214783 | A | 19980811 | JP 97343740 | A | 19971128 | 199842 |
| AU 9850678 | A | 19980622 | AU 9850678 | A | 19971128 | 199844 |
| EP 951054 | A1 | 19991020 | EP 97913467 | A | 19971128 | 199948 |
| | | | WO 97JP4350 | A | 19971128 | |
| CN 1242104 | A | 20000119 | CN 97181117 | A | 19971128 | 200023 |
| KR 2000057310 | A | 20000915 | WO 97JP4350 | A | 19971128 | 200122 |
| | | | KR 99704747 | A | 19990528 | |
| US 6341007 | B1 | 20020122 | US 97980315 | A | 19971128 | 200208 |
| | | | US 2000666407 | A | 20000920 | |
| | | | US 2000714943 | A | 20001120 | |

Priority Applications (No Type Date): JP 96332847 A 19961128; JP 96332843 A
19961128; JP 96332844 A 19961128; JP 96332845 A 19961128; JP 96332846 A
19961128

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 9824115 A1 J 236 H01L-021/027

Designated States (National): AL AU BA BB BG BR CA CN CU CZ EE GE GH HU
ID IL IS KR LC LK LR LT LV MG MK MN MX NO NZ PL RO SG SI SK SL TR TT UA
US UZ VN YU ZW

Designated States (Regional): AT BE CH DE DK EA ES FI FR GB GH GR IE IT
KE LS LU MC MW NL OA PT SD SE SZ UG ZW

JP 10163097 A 20 H01L-021/027

JP 10163098 A 27 H01L-021/027

JP 10163099 A 17 H01L-021/027

JP 10163100 A 33 H01L-021/027

JP 10214783 A 27 H01L-021/027

AU 9850678 A

Based on patent WO 9824115

EP 951054 A1 E

Based on patent WO 9824115

Designated States (Regional): AL AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI
LT LU LV MC NL PT RO SE SI

CN 1242104 A H01L-021/027

KR 2000057310 A H01L-021/027

Based on patent WO 9824115

US 6341007 B1 G03B-027/42 Cont of application US 97980315

Div ex application US 2000666407

Abstract (Basic): WO 9824115 A

Two stages (WS1,WS2), each of which supports a wafer, can

individually move between a position information measuring section (PIS) below an alignment system (24a) and an exposure section (EPS) below a projection optical system (PL). While a wafer is replaced and aligned on the stage (WS1), a wafer (W2) is exposed on the stage (WS2). The position of a wafer (W1) in each shot region on the stage (WS1) is found, by the section (PIS), as a relative position to a reference mark formed on the stage (WS1).

The information about the relative position is used for alignment in relation to an alignment pattern, when the stage (WS1) moves to the section (EPS) and the wafer (W1) is exposed. Therefore, the position of the stage need not be monitored continuously during movement. By parallel processing of exposures using the two wafer stages (WS1, WS2).

ADVANTAGE - Throughput can be increased.

Dwg.1/48

Title Terms: ALIGN; METHOD; EXPOSE; POSITION; WAFER; SHOT; REGION; STAGE;
FOUND; SECTION; RELATIVE; POSITION; REFERENCE; MARK; FORMING; STAGE
Derwent Class: P82; P84; S02; U11
International Patent Class (Main): G03B-027/42; H01L-021/027
International Patent Class (Additional): G03B-027/32; G03B-027/54;
G03F-007/20; G03F-009/00
File Segment: EPI; EngPI

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-163097

(43)公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 6 B

G 0 3 F 7/20

G 0 3 F 7/20

5 2 1

9/00

9/00

H

H 0 1 L 21/30

5 2 5 D

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 20 頁)

(21)出願番号

特願平8-332844

(22)出願日

平成8年(1996)11月28日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

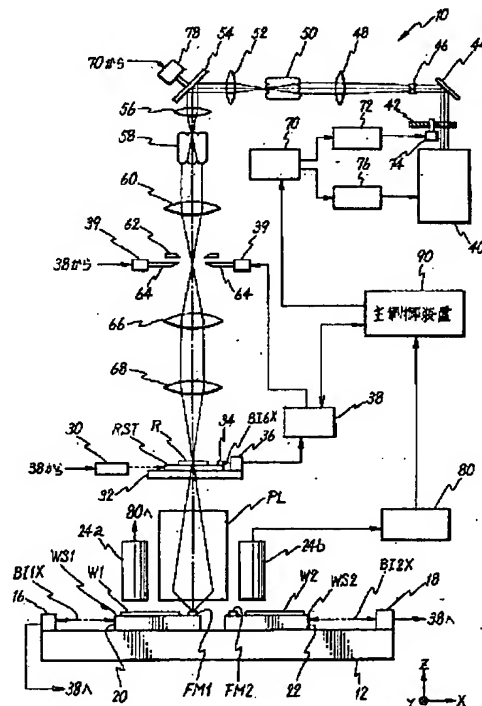
(74)代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54)【発明の名称】 投影露光装置及び投影露光方法

(57)【要約】

【課題】 スループットを一層向上させるようにする。

【解決手段】 2つのウエハステージWS1、WS2がベース盤12上を独立して2次元移動可能とし、一方のアライメント系24aの下のウエハステージWS1上でウエハ交換、サーチアライメント、及びファインアライメントを行なっている間に、投影光学系PLの下のウエハステージWS2上に保持されたウエハW2をステップ・アンド・スキャン方式により露光が行なわれる。ウエハステージWS1、WS2上での両方の動作が終了すると、ウエハステージWS1を投影光学系PLの下、ウエハステージWS2をアライメント系24bの下へそれぞれ移動させて動作の切り換えが行なわれる。このように、一連の露光動作を2つのウエハステージWS1、WS2を使って並行処理することにより、処理時間が短縮されるため、スループットを向上させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出する少なくとも1つのアライメント系と；前記投影光学系の投影中心と前記アライメント系の検出中心とを通る第1軸の一方側から前記第1基板ステージの前記第1軸方向の位置を計測するための第1測長軸と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージの前記第1軸方向の位置を計測するための第2測長軸と、前記投影光学系の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3測長軸と、前記アライメント系の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸とを備え、これらの測長軸により前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 前記アライメント系は、前記投影光学系を挟んで、前記第1軸方向の一方側と他方側とにそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項3】 前記第1基板ステージ及び第2基板ステージのそれぞれが前記投影光学系による露光動作と前記アライメント系によるマーク検出動作とを行えるように、前記干渉計システムの計測結果に基づいて前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動制御を行う制御手段をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の投影露光装置。

【請求項4】 前記制御手段は、前記第1基板ステージ及び第2基板ステージのそれぞれに対して、前記アライメント系によるマーク検出時と前記投影光学系による露光時とで前記干渉計システムの第3測長軸と第4測長軸とを切換えることを特徴とする請求項3に記載の投影露光装置。

【請求項5】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記投影光学系とは別に設けられ、前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークを検出する少なくとも1つのアライメント系と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージが前記アライメント系に

よるマーク検出動作を行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージの動作を制御する制御手段と；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項6】 前記第1基板ステージ及び第2基板ステージとの間で感応基板の受け渡しを行う搬送システムをさらに有し、

前記制御手段は、前記一方の基板ステージが前記搬送システムとの間で感応基板の受け渡し及び前記アライメント系によるマーク検出動作を行う間に、前記他方の基板ステージが前記投影光学系による露光動作を行うように両ステージの動作を制御することを特徴とする請求項5に記載の投影露光装置。

【請求項7】 前記アライメント系は、所定方向に沿って前記投影光学系の両側にそれぞれ配置され、前記制御手段は、前記第1基板ステージ上又は前記第1基板ステージに保持された感応基板上のマークを一方のアライメント系で検出し、前記第2基板ステージ上又は前記第2基板ステージに保持された感応基板上のマークを他方のアライメント系で検出することを特徴とする請求項5に記載の投影露光装置。

【請求項8】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置であって、

感応基板を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージと；感応基板を保持して前記第1基板ステージと同一平面内を前記第1基板ステージとは独立に移動可能な第2基板ステージと；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージと感応基板の受け渡しを行う搬送システムと；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージが前記搬送システムと感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージの動作を制御する制御手段と；を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項9】 前記マスクを複数枚同時に搭載可能なマスクステージと；前記複数枚のマスクのいずれかが露光位置に選択的に設定されるようにマスクステージを駆動する駆動系と；を有することを特徴とする請求項1、5又は8に記載の投影露光装置。

【請求項10】 前記マスクが所定方向に移動可能なマスクステージに搭載され、

前記マスクステージと前記第1基板ステージ及び第2基板ステージの内のいずれか一方とを同期移動させつつ、前記マスクパターンを前記感応基板上に投影露光するステージ制御手段をさらに有することを特徴とする請求項1、5、8又は9のいずれか一項に記載の投影露光装置。

【請求項11】 マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光方法であって、

感応基板を保持して2次元平面内をそれぞれ独立に移動

可能な2つの基板ステージを用意し；前記2つ基板ステージのうちの一方のステージで、感応基板の交換動作と前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークの検出動作との少なくとも一方を行う間に、前記2つの基板ステージのうちの他方のステージで、感応基板に対する露光動作を実行することを特徴とする投影露光方法。

【請求項12】 前記2つの基板ステージのそれぞれの動作が終了した時点で、前記2つの基板ステージの動作を切替えることを特徴する請求項11に記載の投影露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投影露光装置及び投影露光方法に係り、更に詳しくはマスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して感応基板上に投影露光する投影露光装置及び投影露光方法に関するものであり、特に、2つの基板ステージを独立して移動させて、露光処理と他の処理とを並行して行う点に特徴を有している。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する場合に、種々の露光装置が使用されているが、現在では、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターン像を、投影光学系を介して表面にフォトレジスト等の感光材が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板」と称する）上に転写する投影露光装置が一般的に使用されている。近年では、この投影露光装置として、感応基板を2次元的に移動自在な基板ステージ上に載置し、この基板ステージにより感応基板を歩進（ステッピング）させて、レチクルのパターン像を感応基板上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、所謂ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパー）が主流となっている。

【0003】最近になって、このステッパー等の静止型露光装置に改良を加えた、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（例えば特開平7-176468号公報に記載された様な走査型露光装置）も比較的多く用いられるようになってきた。このステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置は、①ステッパーに比べると大フィールドをより小さな光学系で露光できるため、投影光学系の製造が容易であると共に、大フィールド露光によるショット数の減少により高スループットが期待出来る、②投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査することで平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待出来る等のメリットがある。さらに、半導体素子の集積度が16M（メガ）から64MのDRAM、更に将来的には256M、1G（ギガ）とい

うように時代とともに高くなるのに伴い、大フィールドが必須になるため、ステッパーに代わってスキャン型投影露光装置が主流になるであろうと言われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この種の投影露光装置は、主として半導体素子等の量産機として使用されるものであることから、一定時間内にどれだけの枚数のウエハを露光処理できるかという処理能力、すなわちスループットを向上させることが必然的に要請される。

10 【0005】これに関し、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置の場合、大フィールドを露光する場合には先に述べたように、ウエハ内に露光するショット数が少なくなるのでスループットの向上が見込まれるが、露光はレチクルとウエハとの同期走査による等速移動中に行われることから、その等速移動領域の前後に加減速領域が必要となり、仮にステッパーのショットサイズと同等の大きさのショットを露光する場合には、却ってステッパーよりスループットが落ちる可能性がある。

20 【0006】この種の投影露光装置における処理の流れは、大要次のようになっている。

【0007】① まず、ウエハロードを使ってウエハをウエハテーブル上にロードするウエハロード工程が行われる。

【0008】② 次に、サーチアライメント機構によりウエハの大まかな位置検出を行うサーチアライメント工程が行われる。このサーチアライメント工程は、具体的には、例えば、ウエハの外形を基準としたり、あるいは、ウエハ上のサーチアライメントマークを検出することにより行われる。

30 【0009】③ 次に、ウエハ上の各ショット領域の位置を正確に求めるファインアライメント工程が行われる。このファインアライメント工程は、一般にEGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）方式が用いられ、この方式は、ウエハ内の複数のサンプルショットを選択しておき、当該サンプルショットに付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を順次計測し、この計測結果とショット配列の設計値とに基づいて、いわゆる最小自乗法等による統計演算を行って、ウエハ上の全ショット配列データを求めるものであり（特開昭61-44429号公報等参照）、高スループットで各ショット領域の座標位置を比較的高精度に求めることができる。

40 【0010】④ 次に、上述したEGA方式等により求めた各ショット領域の座標位置と予め計測したベースライン量とに基づいて露光位置にウエハ上の各ショット領域を順次位置決めしつつ、投影光学系を介してレチクルのパターン像をウエハ上に転写する露光工程が行われる。

50 【0011】⑤ 次に、露光処理されたウエハテーブル上のウエハをウエハアンロードを使ってウエハアンロー

ドさせるウエハアンロード工程が行われる。このウエハアンロード工程は、露光処理を行うウエハの上記①のウエハロード工程と同時に進行される。すなわち、①と⑤とによってウエハ交換工程が構成される。

【0012】このように、従来の投影露光装置では、ウエハ交換→サーチアライメント→ファインアライメント→露光→ウエハ交換……のように、大きく4つの動作が*

$$THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) \dots\dots\dots (1)$$

上記T1～T4の動作は、T1→T2→T3→T4→T1……のように順次（シーケンシャルに）繰り返し実行される。このため、T1～T4までの個々の要素を高速化すれば分母が小さくなって、スループットTHORを向上させることができる。しかし、上述したT1（ウエハ交換時間）とT2（サーチアライメント時間）は、ウエハ1枚に対して一動作が行われるだけであるから改善の効果は比較的小さい。また、T3（ファインアライメント時間）の場合は、上述したEGA方式を用いる際にショットのサンプリング数を少なくしたり、ショット単体の計測時間を短縮すればスループットを向上させることができるが、逆にアライメント精度を劣化させることになるため、安易にT3を短縮することはできない。

【0015】また、T4（露光時間）は、ウエハ露光時間とショット間のステッピング時間とを含んでいる。例えば、ステップ・アンド・スキャン方式のような走査型投影露光装置の場合は、ウエハ露光時間を短縮させる分だけレチクルとウエハの相対走査速度を上げる必要があるが、同期精度が劣化することから、安易に走査速度を上げることができない。

【0016】また、この種の投影露光装置で上記スループット面の他に、重要な条件としては、①解像度、②焦点深度（DOF: Depth of Focus）、③線幅制御精度が挙げられる。解像度Rは、露光波長を λ とし、投影レンズの開口数をN.A. (Numerical Aperture) とすると、 $\lambda / N.A.$ に比例し、焦点深度DOFは $\lambda / (N.A.)^2$ に比例する。

【0017】このため、解像度Rを向上させる（Rの値を小さくする）には、露光波長 λ を小さくするか、あるいは開口数N.A. を大きくする必要がある。特に、最近では半導体素子等の高密度化が進んでおり、デバイスルールが0.2 μ m L/S（ライン・アンド・スペース）以下となってきたことから、これらのパターンを露光する為には照明光源としてKrFエキシマレーザを用いている。しかしながら、前述したように半導体素子の集積度は、将来的に更に上がることは必至であり、KrFより短波長な光源を備えた装置の開発が望まれる。このようなより短波長な光源を備えた次世代の装置の候補として、ArFエキシマレーザを光源とした装置、電子線露光装置等が代表的に挙げられるが、ArFエキシマレーザの場合は、酸素のある所では光が殆ど透過せず、高出力が出にくい上、レーザの寿命も短く、装※50

* 1つのウエハステージを用いて繰り返し行われている。

【0013】また、この種の投影露光装置のスループットTHOR [枚/時間] は、上述したウエハ交換時間をT1、サーチアライメント時間をT2、ファインアライメント時間をT3、露光時間をT4とした場合に、次式(1)のように表すことができる。

【0014】

※置コストが高いという技術的な課題が山積しており、また、電子線露光装置の場合、光露光装置に比べてスループットが著しく低いという不都合があることから、短波長化を主な観点とした次世代機の開発は思うようにいかないというのが現実である。

【0018】解像度Rを上げる他の手法としては、開口数N.A. を大きくすることも考えられるが、N.A. を大きくすると、投影光学系のDOFが小さくなるというデメリットがある。このDOFは、UDOF (User Depth of Focus: ユーザ側で使用する部分: パターン段差やレジスト厚等) と、装置自身の総合焦点差とに大別することができる。これまでは、UDOFの比率が大きかったため、DOFを大きく取る方向が露光装置開発の主軸であり、このDOFを大きくとる技術として例えば変形照明等が実用化されている。

【0019】ところで、デバイスを製造するためには、L/S（ライン・アンド・スペース）、孤立L（ライン）、孤立S（スペース）、及びCH（コンタクトホール）等が組み合わさったパターンをウエハ上に形成する必要があるが、上記のL/S、孤立ライン等のパターン形状毎に最適露光を行うための露光パラメータが異なっている。このため、従来は、ED-TREE（レチクルが異なるCHは除く）という手法を用いて、解像線幅が目標値に対して所定の許容誤差内となり、かつ所定のDOFが得られるような共通の露光パラメータ（コヒーレンスファクタ σ 、N.A.、露光制御精度、レチクル描画精度等）を求めて、これを露光装置の仕様とすることが行われている。しかしながら、今後は以下のような技術的な流れがあると考えられている。

【0020】①プロセス技術（ウエハ上平坦化）向上により、パターン低段差化、レジスト厚減少が進み、UDOFが1 μ m台→0.4 μ m以下になる可能性がある。

【0021】②露光波長がg線（436nm）→i線（365nm）→KrF（248nm）と短波長化している。しかし、今後はArF（193）までの光源しか検討されてなく、その技術的ハードルも高い。その後はEB露光に移行する。

【0022】③ステップ・アンド・リピートのような静止露光に代わりステップ・アンド・スキャンのような走査露光がステッパーの主流になる事が予想されている。この技術は、径の小さい投影光学系で大フィールド露光が可能であり（特にスキャン方向）、その分高N.A.

化を実現し易い。

【0023】上記のような技術動向を背景にして、限界解像度を向上させる方法として、二重露光法が見直され、この二重露光法をKrF及び将来的にはArF露光装置に用い、 $0.1\mu\text{mL}/\text{S}$ まで露光しようという試みが検討されている。一般に二重露光法は以下の3つの方法に大別される。

【0024】(1) 露光パラメータの異なる L/S 、孤立線を別々のレチクルに形成し、各々最適露光条件により同一ウエハ上に二重に露光を行う。

【0025】(2) 位相シフト法等を導入すると、孤立線より L/S の方が同一DOFにて限界解像度が高い。これを利用することにより、1枚目のレチクルで全てのパターンを L/S で形成し、2枚目のレチクルにて L/S を間引きすることで孤立線を形成する。

【0026】(3) 一般に、 L/S より孤立線は、小さな $N.A.$ にて高い解像度を得ることができる(但し、DOFは小さくなる)。そこで、全てのパターンを孤立線で形成し、1枚目と2枚目のレチクルによってそれぞれ形成した孤立線の組み合わせにより、 L/S を形成する。

【0027】上記の二重露光法は解像度向上、DOF向上の2つの効果がある。

【0028】しかし、二重露光法は、複数のレチクルを使って露光処理を複数回行う必要があるため、従来の装置に比べて露光時間($T4$)が倍以上になり、スループットが大幅に劣化するという不都合があったことから、現実には、二重露光法はあまり真剣に検討されてなく、従来より露光波長の紫外化、変形照明、位相シフトレチクル等により、解像度、焦点深度(DOF)の向上が行われてきた。

【0029】しかしながら、先に述べた二重露光法をKrF、ArF露光装置に用いると $0.1\mu\text{mL}/\text{S}$ までの露光が実現することにより、256M、1GのDRAMの量産を目的とする次世代機の開発の有力な選択肢であることは疑いなく、このためのネックとなる二重露光法の課題であるスループットの向上のため新技術の開発が待望されていた。

【0030】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1ないし10に記載の発明の目的は、スループットを一層向上させることができる投影露光装置を提供することにある。

【0031】また、請求項11及び請求項12に記載の発明の目的は、スループットを一層向上させることができる投影露光方法を提供することにある。

【0032】

【課題を解決するための手段】前述した4つの動作、すなわちウエハ交換、サーチアライメント、ファインアライメント、及び露光を少なくとも2つの動作に分けて同時並行処理を行うことができれば、これら4つの動作を

シーケンシャルに行う場合に比べて、スループットを向上させることができる。本発明は、この点に注目してなされたもので、以下のような構成を採用する。すなわち、請求項1に記載の発明は、マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板(W1)を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(WS1)と；感応基板(W2)を保持して前記第1基板ステージ(WS1)と同一平面内を前記第1基板ステージ(WS1)とは独立に移動可能な第2基板ステージ(WS2)と；前記投影光学系(PL)とは別に設けられ、前記基板ステージ(WS1、WS2)上又は前記基板ステージ(WS1、WS2)に保持された感応基板(W1、W2)上のマークを検出する少なくとも1つのアライメント系(例えば24a)と；前記投影光学系(PL)の投影中心と前記アライメント系(24a)の検出中心とを通る第1軸の一方側から前記第1基板ステージ(WS1)の前記第1軸方向の位置を計測するための第1測長軸(BI1X)と、前記第1軸方向の他方側から前記第2基板ステージ(WS2)の前記第1軸方向の位置を測長するための第2測長軸(BI2X)と、前記投影光学系(PL)の投影中心で前記第1軸と垂直に交差する第3測長軸(BI3Y)と、前記アライメント系(24a)の検出中心で前記第1軸と垂直に交差する第4測長軸(BI4Y)とを備え、これらの測長軸(BI1X~BI4Y)により前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ(WS1及びWS2)の2次元位置をそれぞれ計測する干渉計システムと；を有する。

【0033】これによれば、第1基板ステージ及び第2基板ステージ上にそれぞれ感応基板が保持されて2次元平面内を独立して移動可能とされ、投影光学系とは別に設けられた少なくとも1つのアライメント系により基板ステージ上又はその基板ステージに保持された感応基板上のマークが検出され、干渉計システムの第1ないし第4測長軸により第1基板ステージ及び第2基板ステージの2次元位置がそれぞれ計測される。この干渉計システムの測長軸として、第1測長軸及び第2測長軸が投影光学系の投影中心とアライメント系の検出中心とを通る第1軸方向に沿って第1基板ステージ及び第2基板ステージの一方側と他方側に設けられ、第1測長軸により第1基板ステージの第1軸方向位置が計測され、第2測長軸により第2基板ステージの第1軸方向位置が計測される。また、第3測長軸は、投影光学系の投影中心で第1軸と垂直に交差するように設けられ、第4測長軸は、アライメント系の検出中心で第1軸と垂直に交差するように設けられている。

【0034】このため、2つの基板ステージ上に形成されたマークをアライメント系を用いて検出することができるが、そのマーク検出時における第1基板ステージの

2次元位置がアライメント系の検出中心で相互に垂直に交差する第1測長軸と第4測長軸の干渉計で計測され、第2基板ステージの2次元位置がアライメント系の検出中心で相互に垂直に交差する第2測長軸と第4測長軸の干渉計で計測され、いずれのステージの位置もアッペ誤差がない状態で正確に計測される。

【0035】他方、投影光学系によるマスクパターンの露光時には、第1基板ステージの2次元位置が投影光学系の投影中心で相互に垂直に交差する第1測長軸と第3測長軸の干渉計で計測され、第2基板ステージの2次元位置が投影中心で相互に垂直に交差する第2測長軸と第3測長軸の干渉計でそれぞれ計測され、いずれのステージの位置もアッペ誤差がない状態で正確に計測される。特に、第1測長軸と第2測長軸は、上記のような位置関係で配置されているため、第1基板ステージ及び第2基板ステージを第1軸方向に移動させている間は測長軸が切れることがないので、これらの測長軸の干渉計の計測値に基づいて2つの基板ステージをアライメント系と投影光学系との間を往復移動させることができ、例えば第1の基板ステージがアライメント系の下にある間に、第2の基板ステージを投影光学系の下に位置させることができ、それぞれの基板ステージ上又は感応基板上のマークのアライメント系による位置検出動作と、投影光学系による露光動作とを並行処理することが可能となり、結果的にスループットを向上させることが可能になる。

【0036】この場合、アライメント系は、投影光学系とは別に少なくとも1つのアライメント系が設けられれば良いが、請求項2に記載の発明の如く、2つのアライメント系(24a, 24b)を、投影光学系(PL)を挟んで、第1軸方向の一方側と他方側とにそれぞれ配置するようにしても良い。アライメント系をこのような位置関係で配置した場合は、中央に位置する投影光学系で一方の基板ステージ上の感応基板を露光している間に(露光動作)、他方の基板ステージ上の感応基板をいずれかのアライメント系を使ってマーク検出を行うことができる(アライメント動作)。そして、露光動作とアライメント動作とを切り換える場合は、2つの基板ステージを第1軸方向にずらすだけで、アライメント動作が終了した基板ステージを投影光学系の下に移動させることができるとともに、他方の基板ステージをアライメント系の位置まで移動させることができる。

【0037】この場合、請求項3に記載の発明の如く、第1基板ステージ及び第2基板ステージ(WS1及びWS2)のそれぞれが投影光学系(PL)による露光動作とアライメント系(例えば24a)によるマーク検出動作とを行えるように、干渉計システム(例えば測長軸BI1X~BI4Y)の計測結果に基づいて第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動制御を独立に行う制御手段(90)をさらに有していても良い。これによれば、制御手段は、第1基板ステージ及び第2基板ス

テージのそれぞれが投影光学系(PL)による露光動作とアライメント系(例えば24a)によるマーク検出動作とを行えるように、干渉計システム(例えば測長軸BI1X~BI4Y)の計測結果に基づいて第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動制御を独立に行うことから、いずれの基板ステージ上の感応基板に対しても投影光学系による露光動作とアライメント系によるマーク検出動作とを確実に行うことができる。

【0038】この場合、測長軸BI3YとBI4Yの間隔をあまり大きくすると、第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動の際に、測長軸BI3Y、BI4Yが基板ステージから外れる一方、このようにならないようにすると、両ステージの干渉が生ずるので、これらを避けるため、請求項4に記載の発明の如く、制御手段(90)は、第1基板ステージ及び第2基板ステージ(WS1及びWS2)のそれぞれに対して、アライメント系(例えば24a)によるマーク検出時と投影光学系(PL)による露光時とで干渉計システム(例えば測長軸BI1X~BI4Y)の第3測長軸(BI3Y)と第4測長軸(BI4Y)とを測長軸から基板ステージが外れても良い様に、切換えるようにすることが望ましい。

【0039】このようにした場合には、第3測長軸(BI3Y)と第4測長軸(BI4Y)との間隔を広くして、両ステージの干渉を防止することができるとともに、第1基板ステージ及び第2基板ステージの移動の際に、測長軸BI3Y、BI4Yが基板ステージから外れた場合に、制御手段によって測長軸の切換えを行うことにより、干渉計システムを使って各処理位置における各基板ステージの2次元位置を正確に計測することができる。

【0040】請求項5に記載の発明は、マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1, W2)上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板(W1)を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(WS1)と；感応基板(W2)を保持して前記第1基板ステージ(WS1)と同一平面内を前記第1基板ステージ(WS1)とは独立に移動可能な第2基板ステージ(WS2)と；前記投影光学系(PL)とは別に設けられ、前記基板ステージ(WS1, WS2)上又は前記基板ステージ(WS1, WS2)に保持された感応基板(W1, W2)上のマークを検出する少なくとも1つのアライメント系(例えば24a)と；前記第1基板ステージ(WS1)及び第2基板ステージ(WS2)の内の一方のステージ(WS1又はWS2)が前記アライメント系(24a)によるマーク検出動作を行う間に、他方のステージ(WS2又はWS1)が露光動作を行うように両ステージ(WS1, WS2)の動作を制御する制御手段(90)とを有することを特徴とする。

【0041】これによれば、制御手段により第1基板ス

11

ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージがアライメント系によるマーク検出動作を行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージ(WS1、WS2)の動作が制御されることから、一方の基板ステージに保持された感応基板上のマーク検出動作と他方の基板ステージに保持された感応基板の露光動作とを並行処理することが可能となる。従って、先に説明した時間T2及び時間T3の動作と、時間T4の動作とが並行処理できるので、時間(T1+T2+T3+T4)を要していた従来のシーケンシャルな処理に比べてスループットを向上させることが可能になる。

【0042】この場合において、請求項6に記載の発明の如く、第1基板ステージ及び第2基板ステージ(WS1及びWS2)と感応基板(W1、W2)の受け渡しを行う搬送システム(180~200)をさらに有する場合には、前記制御手段(90)は、前記一方の基板ステージ(WS1又はWS2)が前記搬送システム(180~200)と感応基板の受け渡し及び前記アライメント系(24a)によるマーク検出動作を行う間に、前記他方の基板ステージ(WS2又はWS1)が前記投影光学系(PL)による露光動作を行うように両ステージ(WS1、WS2)の動作を制御するようにすることが、一層望ましい。このようにする場合には、先に説明した時間T1、時間T2及び時間T3の動作を一方の基板ステージ側で行い、時間T4の動作を他方の基板ステージ側で行うことが出来るので、請求項5に記載の発明の場合に比べて一層スループットの向上が可能となる。

【0043】請求項5に記載の発明では、アライメント系が投影光学系とは別に少なくとも1つ設けられていれば良いが、例えばアライメント系が投影光学系とは別に2つある場合には、請求項7に記載の発明の如く、2つのアライメント系(24a、24b)を、所定方向に沿って前記投影光学系(PL)の両側にそれぞれ配置し、前記制御手段(90)が、第1基板ステージ(WS1)上又は第1基板ステージ(WS1)に保持された感応基板(W1)上のマークを一方のアライメント系(24a)で検出し、第2基板ステージ(WS2)上又は第2基板ステージ(WS2)に保持された感応基板(W2)上のマークを他方のアライメント系(24b)で検出するようにしても良い。

【0044】このようにした場合には、中央に位置する投影光学系で一方の基板ステージ上の感応基板を露光している間に(露光動作)、他方の基板ステージ上の感応基板を一方のアライメント系を使ってマーク検出を行い(アライメント動作)、露光動作とアライメント動作とを切り換える場合は、2つの基板ステージを前記所定方向に沿って他方のアライメント系の方に移動させるだけで、投影光学系の下にあった一方の基板ステージを他方のアライメント系位置に移動させ、一方のアライメント系位置にあった他方の基板ステージを投影光学系の下ま

12

で移動させることを容易に行うことができ、このようにして2つのアライメント系を交互に使用することが可能になる。

【0045】請求項8に記載の発明は、マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光装置であって、感応基板(W1)を保持して2次元平面内を移動可能な第1基板ステージ(WS1)と；感応基板(WS2)を保持して前記第1基板ステージ(WS1)と同一平面内を前記第1基板ステージ(WS1)とは独立に移動可能な第2基板ステージ(WS2)と；前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ(WS1、WS2)と感応基板の受け渡しを行う搬送システム(180~200)と；前記第1基板ステージ(WS1)及び第2基板ステージ(WS2)の内の一方のステージが前記搬送システム(180~200)と感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージの動作を制御する制御手段(90)とを有することを特徴とする。

【0046】これによれば、制御手段により第1基板ステージ及び第2基板ステージの内の一方のステージが搬送システムとの間で感応基板の受け渡しを行う間に、他方のステージが露光動作を行うように両ステージの動作が制御される。従って、先に説明した時間T1の動作と、時間T4の動作とが並行処理できるので、時間(T1+T2+T3+T4)を要していた従来のシーケンシャルな処理に比べてスループットを向上させることが可能になる。

【0047】上記各発明の投影露光装置では、1枚のマスクを使って露光を行えば足りるが、請求項9に記載の発明の如く、マスク(R)を複数枚同時に搭載可能なマスクステージ(RST)と；複数枚のマスク(R)のいずれかが露光位置に選択的に設定されるようにマスクステージ(RST)を駆動する駆動系(30)とを設けても良い。これによれば、例えば解像力向上のため、いわゆる二重露光法により2枚のマスクを切り換えて露光領域毎に適した露光条件で重ね焼きを行うような場合であっても、マスクステージに予め2枚のマスクを搭載しておき、これを駆動系により露光位置に切り換え設定するだけで、一方の基板ステージ側で2枚のマスクによる連続的な二重露光を行う間に、これと並行して他方の基板ステージ側でアライメント等の他の動作を行うことが可能となり、これにより二重露光法による低スループットを大幅に改善することが可能となる。

【0048】上記各発明の投影露光装置は、マスクと感応基板とを静止させた状態でマスクのパターンを投影光学系を介して感応基板に投影露光するステッパーのような静止型投影露光装置よりも、請求項10に記載の発明の如く、マスク(R)が所定方向に移動可能なマスクステージ(RST)に搭載され、前記マスクステージ(R

13

ST)と前記第1基板ステージ及び第2基板ステージ(WS1及びWS2)の内のいずれか一方とを同期移動させつつ、前記マスクパターンを前記感応基板(WS1、WS2)上に投影露光するステージ制御手段(38)をさらに有する走査型投影露光装置の方が効果が高い。即ち、投影光学系によるマスクパターンの投影領域内での像の平均化効果により高精度な露光を実現することが可能であるとともに、静止型投影露光装置に比べてより小さな投影光学系を使ってより大きな面積を露光することができる為である。

【0049】請求項11に記載の発明は、マスク(R)に形成されたパターンの像を投影光学系(PL)を介して感応基板(W1、W2)上に投影露光する投影露光方法であって、感応基板(W1、W2)を保持して2次元平面内をそれぞれ独立に移動可能な2つの基板ステージ(WS1、WS2)を用意し、前記2つの基板ステージ(WS1、WS2)のうちの一方のステージ(WS1又はWS2)で、感応基板の交換動作と前記基板ステージ上又は前記基板ステージに保持された感応基板上のマークの検出動作との少なくとも一方を行う間に、前記2つの基板ステージのうちの他方のステージ(WS2又はWS1)で、感応基板に対する露光動作を実行することを特徴とする。

【0050】これによれば、先に説明した時間T1の動作及び時間(T2+T3)の動作の少なくとも一方を一方の基板ステージ上で行っている間に、これと並行して時間T4の動作が他方の基板ステージ上で行われることから、時間(T1+T2+T3+T4)を要していた従来のシーケンシャルな処理に比べてスループットを向上させることが可能になる。特に、一方のステージ側で時間(T1+T2+T3)の動作を行う間に、これと並行して他方のステージ側で時間T4の動作を行う場合には、より一層スループットの向上を図ることが可能になる。

【0051】この場合、2つの基板ステージ上で行われるそれぞれの動作は、常に同時に終了するとは限らないが、請求項11に記載の発明の如く、2つの基板ステージのそれぞれの動作が終了した時点で、2つの基板ステージの動作を切換えるようにしても良い。これにより、早く動作が終了した方は、待機状態となり、両ステージにおける動作が終了した時点で動作の切り換えが行われる。この待機時間は、スループットを低下させる要因となるため、できるだけ待機時間が少なくなるように2つの基板ステージで並行処理を行う動作内容を分けるようにすることが望ましい。

【0052】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1ないし図12に基づいて説明する。

【0053】図1には、一実施形態に係る投影露光装置10の概略構成が示されている。この投影露光装置10

14

は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置である。

【0054】この投影露光装置10は、ベース盤12上を感応基板としてのウエハW1、W2をそれぞれ保持して独立して2次元方向に移動する第1、第2の基板ステージとしてのウエハステージWS1、WS2を備えたステージ装置、このステージ装置の上方に配置された投影光学系PL、投影光学系PLの上方でマスクとしてのレチクルRを主として所定の走査方向、ここではY軸方向(図1における紙面直交方向)に駆動するレチクル駆動機構、レチクルRを上方から照明する照明系及びこれら各部を制御する制御系等を備えている。

【0055】前記ステージ装置は、ベース盤12上に不図示の空気軸受けを介して浮上支持され、X軸方向(図1における紙面左右方向)及びY軸方向(図1における紙面直交方向)に独立して2次元移動可能な2つのウエハステージWS1、WS2と、これらのウエハステージWS1、WS2を駆動するステージ駆動系と、ウエハステージWS1、WS2の位置を計測する干渉計システムとを備えている。

【0056】これをさらに詳述すると、ウエハステージWS1、WS2の底面には不図示のエアパッド(例えば、真空予圧型空気軸受け)が複数ヶ所に設けられており、このエアパッドの空気噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数ミクロンの間隔を保った状態で、ベース盤12上に浮上支持されている。

【0057】ベース盤12上には、図3の平面図に示されるように、X軸方向に延びる2本のX軸リニアガイド(例えば、いわゆるムービングコイル型のリニアモータの固定側マグネットのようなもの)122、124が平行に設けられており、これらのX軸リニアガイド122、124には、当該各X軸リニアガイドに沿って移動可能な各2つの移動部材114、118及び116、120がそれぞれ取り付けられている。これら4つの移動部材114、118、116、120の底面部には、X軸リニアガイド122又は124を上方及び側方から囲むように不図示の駆動コイルがそれぞれ取り付けられており、これらの駆動コイルとX軸リニアガイド122又は124とによって、各移動部材114、116、118、120をX軸方向に駆動するムービングコイル型のリニアモータが、それぞれ構成されている。但し、以下の説明では、便宜上、上記移動部材114、116、118、120をX軸リニアモータと呼ぶものとする。

【0058】この内2つのX軸リニアモータ114、116は、Y軸方向に延びるY軸リニアガイド(例えば、ムービングマグネット型のリニアモータの固定側コイルのようなもの)110の両端にそれぞれ設けられ、また、残り2つのX軸リニアモータ118、120は、Y軸方向に延びる同様のY軸リニアガイド112の両端に固定されている。従って、Y軸リニアガイド110は、

15

X軸リニアモータ114、116によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動され、またY軸リニアガイド112は、X軸リニアモータ118、120によってX軸リニアガイド122、124に沿って駆動されるようになっている。

【0059】一方、ウエハステージWS1の底部には、一方のY軸リニアガイド110を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド110とによってウエハステージWS1をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。また、ウエハステージWS2の底部には、他方のY軸リニアガイド112を上方及び側方から囲む不図示のマグネットが設けられており、このマグネットとY軸リニアガイド112とによってウエハステージWS2をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のリニアモータが構成されている。

【0060】すなわち、本実施形態では、上述したX軸リニアガイド122、124、X軸リニアモータ114、116、118、120、Y軸リニアガイド110、112及びウエハステージWS1、WS2底部の不図示のマグネット等によってウエハステージWS1、WS2を独立してXY2次元駆動するステージ駆動系が構成されている。このステージ駆動系は、図1のステージ制御装置38によって制御される。

【0061】なお、Y軸リニアガイド110の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ114、116のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS1に微小ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。同様に、Y軸リニアガイド112の両端に設けられた一対のX軸リニアモータ118、120のトルクを若干可変する事で、ウエハステージWS2に微小ヨーイングを発生させたり、除去する事も可能である。

【0062】前記ウエハステージWS1、WS2上には、不図示のウエハホルダを介してウエハW1、W2が真空吸着等により固定されている。ウエハホルダは、不図示のZ・θ駆動機構によって、XY平面に直交するZ軸方向及びθ方向（Z軸回りの回転方向）に微小駆動されるようになっている。また、ウエハステージWS1、WS2の上面には、種々の基準マークが形成された基準マーク板FM1、FM2がウエハW1、W2とそれぞれほぼ同じ高さになるように設置されている。これらの基準マーク板FM1、FM2は、例えば各ウエハステージの基準位置を検出する際に用いられる。

【0063】また、ウエハステージWS1のX軸方向側の面（図1における左側面）20とY軸方向側の面（図1における紙面奥側の面）21とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっており、同様に、ウエハステージWS2のX軸方向他側の面（図1における右側面）22とY軸方向の側の面23とは、鏡面仕上げがなされた反射面となっている。これらの反射面に、後述する干渉

16

計システムを構成する各測長軸（BI1X、BI2X等）の干渉計ビームが投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各反射面の基準位置（一般には投影光学系側面や、アライメント光学系の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位を計測し、これにより、ウエハステージWS1、WS2の2次元位置がそれぞれ計測されるようになっている。なお、干渉計システムの測長軸の構成については、後に詳述する。

10 【0064】前記投影光学系PLとしては、ここでは、Z軸方向の共通の光軸を有する複数枚のレンズエレメントから成り、両側テレセントリックで所定の縮小倍率、例えば1/5を有する屈折光学系が使用されている。このため、ステップ・アンド・スキャン方式の走査露光時におけるウエハステージの走査方向の移動速度は、レチクルステージの移動速度の1/5となる。

【0065】この投影光学系PLのX軸方向の両側には、図1に示されるように、同じ機能を持ったオフアクシス（off-axis）方式のアライメント系24a、24bが、投影光学系PLの光軸中心（レチクルパターン像の投影中心と一致）よりそれぞれ同一距離だけ離れた位置に設置されている。これらのアライメント系24a、24bは、LSA（Laser Step Alignment）系、FIA（Filed Image Alignment）系、LIA（Laser Interferometric Alignment）系の3種類のアライメントセンサを有しており、基準マーク板上の基準マーク及びウエハ上のアライメントマークのX、Y2次元方向の位置計測を行うことが可能である。

【0066】ここで、LSA系は、レーザ光をマークに照射して、回折・散乱された光を利用してマーク位置を計測する最も汎用性のあるセンサであり、従来から幅広いプロセスウエハに使用される。FIA系は、ハロゲンランプ等のブロードバンド（広帯域）光でマークを照明し、このマーク画像を画像処理することによってマーク位置を計測するセンサであり、アルミ層やウエハ表面の非対称マークに有効に使用される。また、LIA系は、回折格子状のマークに周波数をわずかに変えたレーザ光を2方向から照射し、発生した2つの回折光を干渉させて、その位相からマークの位置情報を検出するセンサであり、低段差や表面荒れウエハに有効に使用される。

【0067】本実施形態では、これら3種類のアライメントセンサを、適宜目的に応じて使い分け、ウエハ上の3点の一次元マークの位置を検出してウエハの概略位置計測を行ういわゆるサーチアライメントや、ウエハ上の各ショット領域の正確な位置計測を行うファインアライメント等を行うようになっている。

【0068】この場合、アライメント系24aは、ウエハステージWS1上に保持されたウエハW1上のアライメントマーク及び基準マーク板FM1上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。また、アライメン

50

17

ト系24bは、ウエハステージWS2上に保持されたウエハW2上のアライメントマーク及び基準マーク板FM2上に形成された基準マークの位置計測等に用いられる。

【0069】これらのアライメント系24a、24bを構成する各アライメントセンサからの情報は、アライメント制御装置80によりA/D変換され、デジタル化された波形信号を演算処理してマーク位置が検出される。この結果が主制御装置90に送られ、主制御装置90からその結果に応じてステージ制御装置38に対し露光時の同期位置補正等が指示されるようになっている。

【0070】さらに、本実施形態の露光装置10では、図1では図示を省略したが、レチクルRの上方に、図5に示されるような、投影光学系PLを介してレチクルR上のレチクルマーク（図示省略）と基準マーク板FM1、FM2上のマークとを同時に観察するための露光波長を用いたTTR（Through The Reticle）アライメント光学系から成る一対のレチクルアライメント顕微鏡142、144が設けられている。これらのレチクルアライメント顕微鏡142、144の検出信号は、主制御装置90に供給されるようになっている。この場合、レチクルRからの検出光をそれぞれレチクルアライメント顕微鏡142及び144に導くための偏向ミラー146及び148が移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御装置90からの指令のもとで、不図示のミラー駆動装置により偏向ミラー146及び148が待避される。なお、レチクルアライメント顕微鏡142、144と同等の構成は、例えば特開平7-176468号公報等に掲載されているのでここでは詳細な説明については省略する。

【0071】また、図1では図示を省略したが、投影光学系PL、アライメント系24a、24bのそれぞれには、図4に示されるように、合焦位置を調べるためのオートフォーカス／オートレベリング計測機構（以下、「AF/AL系」という）130、132、134が設けられている。この内、AF/AL系132は、スキャン露光によりレチクルR上のパターンをウエハ（W1又はW2）上に正確に転写するには、レチクルR上のパターン形成面とウエハWの露光面とが投影光学系PLに関して共役になっている必要があることから、ウエハWの露光面が投影光学系PLの像面に焦点深度の範囲内で合致しているかどうか（合焦しているかどうか）を検出するために、設けられているものである。本実施形態では、AF/AL系132として、いわゆる多点AF系が使用されている。

【0072】ここで、このAF/AL系132を構成する多点AF系の詳細構成について、図5及び図6に基づいて説明する。

【0073】このAF/AL系（多点AF系）132は、図5に示されるように、光ファイバ束150、集光

18

レンズ152、パターン形成板154、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160から成る照射光学系151と、集光対物レンズ162、回転方向振動板164、結像レンズ166、受光器168から成る集光光学系161とから構成されている。

【0074】ここで、このAF/AL系（多点AF系）132の上記構成各部についてその作用と共に説明する。

【0075】露光光ELとは異なるウエハW1（又はW2）上のフォトレジストを感光させない波長の照明光が、図示しない照明光源から光ファイバ束150を介して導かれ、この光ファイバ束150から射出された照明光が、集光レンズ152を経てパターン形成板154を照明する。このパターン形成板154を透過した照明光は、レンズ156、ミラー158及び照射対物レンズ160を経てウエハWの露光面に投影され、ウエハW1（又はW2）の露光面に対してパターン形成板154上のパターンの像が光軸AXに対して斜めに投影結像される。ウエハW1で反射された照明光は、集光対物レンズ162、回転方向振動板164及び結像レンズ166を経て受光器168の受光面に投影され、受光器168の受光面にパターン形成板154上のパターンの像が再結像される。ここで、主制御装置90は、加振装置172を介して回転方向振動板164に所定の振動を与えると同時に、受光器168の多数（具体的には、パターン形成板154のスリットパターンと同数）の受光素子からの検出信号を信号処理装置170に供給する。また、信号処理装置170は、各検出信号を加振装置172の駆動信号で同期検波して得た多数のフォーカス信号をステージ制御装置38を介して主制御装置90へ供給する。

【0076】この場合、パターン形成板154には、図6に示されるように、例えば5×9=45個の上下方向のスリット状の開口パターン93-11～93-59が形成されており、これらのスリット状の開口パターンの像がウエハWの露光面上にX軸及びY軸に対して斜め（45°）に投影される。この結果、図4に示されるようなX軸及びY軸に対して45°に傾斜したマトリクス配置のスリット像が形成される。なお、図4における符号IFは、照明系により照明されるレチクル上の照明領域と共役なウエハ上の照明フィールドを示す。この図4からも明らかなように、投影光学系PL下の照明フィールドIFより2次元的に十分大きいエリアに検出用ビームが照射されている。

【0077】その他のAF/AL系130、134も、このAF/AL系132と同様に構成されている。すなわち、本実施形態では、露光時の焦点検出に用いられるAF/AL系132とほぼ同一の領域をアライメントマークの計測時に用いられるAF/AL機構130、134によっても検出ビームが照射可能な構成となっている。このため、アライメント系24a、24bによるア

ライメントセンサの計測時に、露光時と同様のAF/AI系の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測を行うことにより、高精度なアライメント計測が可能になる。換言すれば、露光時とアライメント時との間で、ステージの姿勢によるオフセット（誤差）が発生しなくなる。

【0078】次に、レチクル駆動機構について、図1及び図2に基づいて説明する。

【0079】このレチクル駆動機構は、レチクルベース盤32上をレチクルRを保持してXYの2次元方向に移動可能なレチクルステージRSTと、このレチクルステージRSTを駆動する不図示のリニアモータと、このレチクルステージRSTの位置を管理するレチクル干渉計システムとを備えている。

【0080】これを更に詳述すると、レチクルステージRSTには、図2に示されるように、2枚のレチクルR1、R2がスキャン方向（Y軸方向）に直列に設置できる様になっており、このレチクルステージRSTは、不図示のエアーベアリング等を介してレチクルベース盤32上に浮上支持され、不図示のリニアモータ等から成る駆動機構30（図1参照）によりX軸方向の微小駆動、 θ 方向の微小回転及びY軸方向の走査駆動がなされるようになっている。なお、駆動機構30は、前述したステージ装置と同様のリニアモータを駆動源とする機構であるが、図1では図示の便宜上及び説明の便宜上から単なるブロックとして示しているものである。このため、レチクルステージRST上のレチクルR1、R2が例えば二重露光の際に選択的に使用され、いずれのレチクルについてもウエハ側と同期スキャンできる様な構成となっている。

【0081】このレチクルステージRST上には、X軸方向の他側の端部に、レチクルステージRSTと同じ素材（例えばセラミック等）から成る平行平板移動鏡34がY軸方向に延設されており、この移動鏡34のX軸方向の他側の面には鏡面加工により反射面が形成されている。この移動鏡34の反射面に向けて測長軸BI6Xで示される干渉計36からの干渉計ビームが照射され、その干渉計ではその反射光を受光してウエハステージ側と同様にして基準面に対する相対変位を計測することにより、レチクルステージRSTの位置を計測している。ここで、この測長軸BI6Xを有する干渉計は、実際には独立に計測可能な2本の干渉計光軸を有しており、レチクルステージのX軸方向の位置計測と、ヨーイング量の計測が可能となっている。この測長軸BI6Xを有する干渉計の計測値は、ウエハステージ側の測長軸BI1X、BI2Xを有する干渉計16、18からのウエハステージWS1、WS2のヨーイング情報やX位置情報に基づいてレチクルとウエハの相対回転（回転誤差）をキャンセルする方向にレチクルステージRSTを回転制御

したり、X方向同期制御を行うために用いられる。

【0082】一方、レチクルステージRSTの走査方向（スキャン方向）であるY軸方向の他側（図1における紙面手前側）には、一対のコーナーキューブミラー35、37が設置されている。そして、不図示の一対のダブルパス干渉計から、これらのコーナーキューブミラー35、37に対して図2に測長軸BI7Y、BI8Yで示される干渉計ビームが照射され、レチクルベース盤32上の反射面にコーナーキューブミラー35、37より戻され、そこで反射したそれぞれの反射光が同一光路を戻り、それぞれのダブルパス干渉計で受光され、それぞれのコーナーキューブミラー35、37の基準位置（レファレンス位置で前記レチクルベース盤32上の反射面）からの相対変位が計測される。そして、これらのダブルパス干渉計の計測値が図1のステージ制御装置38に供給され、その平均値に基づいてレチクルステージRSTのY軸方向の位置が計測される。このY軸方向位置の情報は、ウエハ側の測長軸BI3Yを有する干渉計の計測値に基づくレチクルステージRSTとウエハステージWS1又はWS2との相対位置の算出、及びこれに基づく走査露光時の走査方向（Y軸方向）のレチクルとウエハの同期制御に用いられる。

【0083】すなわち、本実施形態では、干渉計36及び測長軸BI7Y、BI8Yで示される一対のダブルパス干渉計によってレチクル干渉計システムが構成されている。

【0084】次に、ウエハステージWST1、WST2の位置を管理する干渉計システムについて、図1ないし図3を参照しつつ説明する。

【0085】これらの図に示されるように、投影光学系PLの投影中心とアライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心とを通る第1軸（X軸）に沿ってウエハステージWS1のX軸方向一側の面には、図1の干渉計16からの第1測長軸BI1Xで示される干渉計ビームが照射され、同様に、第1軸に沿ってウエハステージWS2のX軸方向の他側の面には、図1の干渉計18からの第2測長軸BI2Xで示される干渉計ビームが照射されている。そして、干渉計16、18ではこれらの反射光を受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向位置を計測するようになっている。ここで、干渉計16、18は、図2に示されるように、各3本の光軸を有する3軸干渉計であり、ウエハステージWS1、WS2のX軸方向の計測以外に、チルト計測及び θ 計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できる様になっている。ここで、ウエハステージWS1、WS2の θ 回転を行う不図示の θ ステージ及びZ軸方向の微小駆動及び傾斜駆動を行う不図示のZ・レベリングステージは、実際には、反射面の下にあるので、ウエハステージのチルト制御時の駆動量は全て、これらの干渉計1

21

6、18によりモニターする事ができる。

【0086】なお、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの各干渉計ビームは、ウエハステージWS1、WS2の移動範囲の全域で常にウエハステージWS1、WS2に当たるようになっており、従って、X軸方向については、投影光学系PLを用いた露光時、アライメント系24a、24bの使用時等いずれのときにもウエハステージWS1、WS2の位置は、第1測長軸BI1X、第2測長軸BI2Xの計測値に基づいて管理される。

【0087】また、図2及び図3に示されるように、投影光学系PLの投影中心で第1軸(X軸)と垂直に交差する第3測長軸BI3Yを有する干渉計と、アライメント系24a、24bのそれぞれの検出中心で第1軸(X軸)とそれぞれ垂直に交差する第4測長軸としての測長軸BI4Y、BI5Yをそれぞれ有する干渉計とが設けられている(但し、図中では測長軸のみが図示されている)。

【0088】本実施形態の場合、投影光学系PLを用いた露光時のウエハステージWS1、WS2のY方向位置計測には、投影光学系の投影中心、すなわち光軸AXを通過する測長軸BI3Yの干渉計の計測値が用いられ、アライメント系24aの使用時のウエハステージWS1のY方向位置計測には、アライメント系24aの検出中心、すなわち光軸SXを通過する測長軸BI4Yの干渉計の計測値が用いられ、アライメント系24b使用時のウエハステージWS2のY方向位置計測には、アライメント系24bの検出中心、すなわち光軸SXを通過する測長軸BI5Yの干渉計の計測値が用いられる。

【0089】従って、各使用条件により、Y軸方向の干渉計測長軸がウエハステージWS1、WS2の反射面より外れる事となるが、少なくとも一つの測長軸、すなわち測長軸BI1X、BI2XはそれぞれのウエハステージWS1、WS2の反射面から外れることがないので、使用する干渉計光軸が反射面上に入った適宜な位置でY側の干渉計のリセットを行うことができる。この干渉計のリセット方法については、後に詳述する。

【0090】なお、上記Y計測用の測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yの各干渉計は、各2本の光軸を有する2軸干渉計であり、ウエハステージWS1、WS2のY軸方向の計測以外に、チルト計測が可能となっている。各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている。

【0091】本実施形態では、干渉計16、18及び測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yを有する3つの干渉計の合計5つの干渉計によって、ウエハステージWS1、WS2の2次元座標位置を管理する干渉計システムが構成されている。

【0092】また、本実施形態では、後述するように、ウエハステージWS1、WS2の内的一方が露光シーケンスを実行している間、他方はウエハ交換、ウエハアライメントシーケンスを実行するが、この際に両ステージ

22

の干渉がないように、各干渉計の出力値に基づいて主制御装置90の指令に応じてステージ制御装置38により、ウエハステージWS1、WS2の移動が管理されている。

【0093】次に、照明系について、図1に基づいて説明する。この照明系は、図1に示されるように、光源部40、シャッタ42、ミラー44、ビームエキスパンダ46、48、第1フライアイレンズ50、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56、第2フライアイレンズ58、レンズ60、固定ブラインド62、可動ブラインド64、リレーレンズ66、68等から構成されている。

【0094】ここで、この照明系の上記構成各部についてその作用とともに説明する。

【0095】光源であるKrFエキシマレーザと減光システム(減光板、開口絞り等)よりなる光源部40から射出されたレーザ光は、シャッタ42を透過した後、ミラー44により偏向されて、ビームエキスパンダ46、48により適当なビーム径に整形され、第1フライアイレンズ50に入射される。この第1フライアイレンズ50に入射された光束は、2次元的に配列されたフライアイレンズのエLEMENTにより複数の光束に分割され、レンズ52、振動ミラー54、レンズ56により再び各光束が異なった角度より第2フライアイレンズ58に入射される。この第2フライアイレンズ58より射出された光束は、レンズ60により、レチクルRと共役な位置に設置された固定ブラインド62に達し、ここで所定形状にその断面形状が規定された後、レチクルRの共役面から僅かにデフォーカスされた位置に配置された可動ブラインド64を通過し、リレーレンズ66、68を経て均一な照明光として、レチクルR上の上記固定ブラインド62によって規定された所定形状、ここでは矩形スリット状の照明領域IA(図2参照)を照明する。

【0096】次に、制御系について図1に基づいて説明する。この制御系は、装置全体を統括的に制御する主制御装置90を中心に、この主制御装置90の配下にある露光量制御装置70及びステージ制御装置38等から構成されている。

【0097】ここで、制御系の上記構成各部の動作を中心に本実施形態に係る投影露光装置10の露光時の動作について説明する。

【0098】露光量制御装置70は、レチクルRとウエハ(W1又はW2)との同期走査が開始されるのに先立って、シャッタ駆動装置72に指示してシャッタ駆動部74を駆動させてシャッタ42をオープンする。

【0099】この後、ステージ制御装置38により、主制御装置90の指示に応じてレチクルRとウエハ(W1又はW2)、すなわちレチクルステージRSTとウエハステージ(WS1又はWS2)の同期走査(スキャン制御)が開始される。この同期走査は、前述した干渉計システムの測長軸BI3Yと測長軸BI1X又はBI2X

及びレチクル干涉計システムの測長軸BI7Y、BI8Yと測長軸BI6Xの計測値をモニタしつつ、ステージ制御装置38によってレチクル駆動部30及びウエハステージの駆動系を構成する各リニアモータを制御することにより行われる。

【0100】そして、両ステージが所定の許容誤差以内に等速度制御された時点で、露光量制御装置70では、レーザ制御装置76に指示してパルス発光を開始させる。これにより、照明系からの照明光により、その下面にパターンがクロム蒸着されたレチクルRの前記矩形の照明領域IAが照明され、その照明領域内のパターンの像が投影光学系PLにより1/5倍に縮小され、その表面にフォトリソが塗布されたウエハ(W1又はW2)上に投影露光される。ここで、図2からも明らかなように、レチクル上のパターン領域に比べ照明領域IAの走査方向のスリット幅は狭く、上記のようにレチクルRとウエハ(W1又はW2)とを同期走査することで、パターンの全面の像がウエハ上のショット領域に順次形成される。

【0101】ここで、前述したパルス発光の開始と同時に、露光量制御装置70は、ミラー駆動装置78に指示して振動ミラー54を駆動させ、レチクルR上のパターン領域が完全に照明領域IA(図2参照)を通過するまで、すなわちパターンの全面の像がウエハ上のショット領域に形成されるまで、連続してこの制御を行うことで2つのフライアイレンズ50、58で発生する干涉縞のムラ低減を行う。

【0102】また、上記の走査露光中にショットエッジ部でのレチクル上の遮光領域よりも外に照明光が漏れないように、レチクルRとウエハWのスキヤンと同期して可動ブラインド64がブラインド制御装置39によって駆動制御されており、これらの一連の同期動作がステージ制御装置38により管理されている。

【0103】ところで、上述したレーザ制御装置76によるパルス発光は、ウエハW1、W2上の任意の点が照明フィールド幅(w)を通過する間にn回(nは正の整数)発光する必要があるため、発振周波数をfとし、ウエハスキヤン速度をVとすると、次式(2)を満たす必要がある。

$$f/n = V/w \quad \dots\dots\dots (2)$$

また、ウエハ上に照射される1パルスの照射エネルギーをPとし、レジスト感度をEとすると、次式(3)を満たす必要がある。

$$nP = E \quad \dots\dots\dots (3)$$

このように、露光量制御装置70は、照射エネルギーPや発振周波数fの可変量について全て演算を行い、レーザ制御装置76に対して指令を出して光源部40内に設けられた減光システムを制御することによって照射エネルギーPや発振周波数fを可変させたり、シャッタ駆動装置72やミラー駆動装置78を制御するように構成さ

れている。

【0106】さらに、主制御装置90では、例えば、スキヤン露光時に同期走査を行うレチクルステージとウエハステージの移動開始位置(同期位置)を補正する場合、各ステージを移動制御するステージ制御装置38に対して補正量に応じたステージ位置の補正を指示する。

【0107】更に、本実施形態の投影露光装置では、ウエハステージWS1との間でウエハの交換を行う第1の搬送システムと、ウエハステージWS2との間でウエハ交換を行う第2の搬送システムとが設けられている。

【0108】第1の搬送システムは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1との間で後述するようにしてウエハ交換を行う。この第1の搬送システムは、Y軸方向に延びる第1のローディングガイド182、このローディングガイド182に沿って移動する第1のスライダ186及び第2のスライダ190、第1のスライダ186に取り付けられた第1のアンロードアーム184、第2のスライダ190に取り付けられた第1のロードアーム188等を含んで構成される第1のウエハローダと、ウエハステージWS1上に設けられた3本の上下動部材から成る第1のセンターアップ180とから構成される。

【0109】ここで、この第1の搬送システムによるウエハ交換の動作について、簡単に説明する。

【0110】ここでは、図7に示されるように、左側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS1上にあるウエハW1'と第1のウエハローダにより搬送されてきたウエハW1とが交換される場合について説明する。

【0111】まず、主制御装置90では、ウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダのバキュームを不図示のスイッチを介してオフし、ウエハW1'の吸着を解除する。

【0112】次に、主制御装置90では、不図示のセンターアップ駆動系を介してセンターアップ180を所定量上昇駆動する。これにより、ウエハW1'が所定位置まで持ち上げられる。この状態で、主制御装置90では、不図示のウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の移動を指示する。これにより、ウエハローダ制御装置により第1のスライダ186が駆動制御され、第1のアンロードアーム184がローディングガイド182に沿ってウエハステージWS1上まで移動してウエハW1'の真下に位置する。

【0113】この状態で、主制御装置90では、センターアップ180を所定位置まで下降駆動させる。このセンターアップ180の下降の途中で、ウエハW1'が第1のアンロードアーム184に受け渡されるので、主制御装置90ではウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184のバキューム開始を指示する。これにより、第1のアンロードアーム184にウエハW1'が吸

着保持される。

【0114】次に、主制御装置90では、ウエハローダ制御装置に第1のアンロードアーム184の退避と第1のロードアーム188の移動開始を指示する。これにより、第1のスライダ186と一体的に第1のアンロードアーム184が図7の-Y方向に移動を開始すると同時に第2のスライダ190がウエハW1を保持した第1のロードアーム188と一体的に+Y方向に移動を開始する。そして、第1のロードアーム188がウエハステージWS1の上に来たとき、ウエハローダ制御装置により第2のスライダ190が停止されるとともに第1のロードアーム188のバキュームが解除される。

【0115】この状態で、主制御装置90ではセンターアップ180を上昇駆動し、センターアップ180によりウエハW1を下方から持ち上げさせる。次いで、主制御装置90ではウエハローダ制御装置にロードアームの退避を指示する。これにより、第2のスライダ190が第1のロードアーム188と一体的に-Y方向に移動を開始して第1のロードアーム188の退避が行われる。この第1のロードアーム188の退避開始と同時に主制御装置90では、センターアップ180の下降駆動を開始してウエハW1をウエハステージWS1上の不図示のウエハホルダに載置させ、当該ウエハホルダのバキュームをオンにする。これにより、ウエハ交換の一連のシーケンスが終了する。

【0116】第2の搬送システムは、同様に、図8に示されるように、右側のウエハローディング位置にあるウエハステージWS2との間で上述と同様にしてウエハ交換を行う。この第2の搬送システムは、Y軸方向に延びる第2のローディングガイド192、この第2のローディングガイド192に沿って移動する第3のスライダ196及び第4のスライダ200、第3のスライダ196に取り付けられた第2のアンロードアーム194、第4のスライダ200に取り付けられた第2のロードアーム198等を含んで構成される第2のウエハローダと、ウエハステージWS2上に設けられた不図示の第2のセンターアップとから構成される。

【0117】次に、図7及び図8に基づいて、本実施形態の特徴である2つのウエハステージによる並行処理について説明する。

【0118】図7には、ウエハステージWS2上のウエハW2を投影光学系PLを介して露光動作を行っている間に、左側ローディング位置にて上述の様にウエハステージWS1と第1の搬送システムとの間でウエハの交換が行われている状態の平面図が示されている。この場合、ウエハステージWS1上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにしてアライメント動作が行われる。なお、図7において、露光動作中のウエハステージWS2の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI2X、BI3Yの計測値に基づいて行われ、ウエハ交換と

アライメント動作が行われるウエハステージWS1の位置制御は、干渉計システムの測長軸BI1X、BI4Yの計測値に基づいて行われる。

【0119】この図7に示される左側のローディング位置ではアライメント系24aの真下にウエハステージWS1の基準マーク板FM1上の基準マークが来るような配置となっている。このため、主制御装置90では、アライメント系24aにより基準マーク板FM1上の基準マークを計測する以前に、干渉計システムの測長軸BI4Yの干渉計のリセットを実施している。

【0120】上述したウエハ交換、干渉計のリセットに引き続いて、サーチアライメントが行われる。そのウエハ交換後に行われるサーチアライメントとは、ウエハW1の搬送中になされるプリアライメントだけでは位置誤差が大きいため、ウエハステージWS1上で再度行われるプリアライメントのことである。具体的には、ステージWS1上に載置されたウエハW1上に形成された3つのサーチアライメントマーク（図示せず）の位置をアライメント系24aのLSA系のセンサ等を用いて計測し、その計測結果に基づいてウエハW1のX、Y、 θ 方向の位置合わせを行う。このサーチアライメントの際の各部の動作は、主制御装置90により制御される。

【0121】このサーチアライメントの終了後、ウエハW1上の各ショット領域の配列をここではEGAを使って求めるファインアライメントが行われる。具体的には、干渉計システム（測長軸BI1X、BI4Y）により、ウエハステージWS1の位置を管理しつつ、設計上のショット配列データ（アライメントマーク位置データ）をもとに、ウエハステージWS1を順次移動させつつ、ウエハW1上の所定のサンプルショットのアライメントマーク位置をアライメント系24aのFIA系のセンサ等で計測し、この計測結果とショット配列の設計座標データに基づいて最小自乗法による統計演算により、全てのショット配列データを演算する。なお、このEGAの際の各部の動作は主制御装置90により制御され、上記の演算は主制御装置90により行われる。なお、この演算結果は、基準マーク板FM1の基準マーク位置を基準とする座標系に変換しておくことが望ましい。

【0122】本実施形態の場合、前述したように、アライメント系24aによる計測時に、露光時と同じAF/AL系132（図4参照）の計測、制御によるオートフォーカス/オートレベリングを実行しつつアライメントマークの位置計測が行われ、アライメント時と露光時との間にステージの姿勢によるオフセット（誤差）を生じさせないようにすることができる。

【0123】ウエハステージWS1側で、上記のウエハ交換、アライメント動作が行われている間に、ウエハステージWS2側では、図9に示されるような2枚のレチクルR1、R2を使い、露光条件を変えながら連続してステップ・アンド・スキャン方式により二重露光が行わ

れる。

【0124】具体的には、前述したウエハW1側と同様に、事前にEGAによるファインアライメントが行われており、この結果得られたウエハW2上のショット配列データ（基準マーク板FM2上の基準マークを基準とする）に基づいて、順次ウエハW2上のショット領域を投影光学系PLの光軸下方に移動させた後、各ショット領域の露光の都度、レチクルステージRSTとウエハステージWS2とを走査方向に同期走査させることにより、スキャン露光が行われる。このようなウエハW2上の全ショット領域に対する露光がレチクル交換後にも連続して行われる。具体的な二重露光の露光順序としては、図10(A)に示されるように、ウエハW1の各ショット領域をレチクルR2(Aパターン)を使ってA1～A12まで順次スキャン露光を行った後、駆動系30を用いてレチクルステージRSTを走査方向に所定量移動してレチクルR1(Bパターン)を露光位置に設定した後、図10(B)に示されるB1～B12の順序でスキャン露光を行う。この時、レチクルR2とレチクルR1では露光条件(AF/AL、露光量)や透過率が異なるので、レチクルアライメント時にそれぞれの条件を計測し、その結果に応じて条件の変更を行う必要がある。

【0125】このウエハW2の二重露光中の各部の動作も主制御装置90によって制御される。

【0126】上述した図7に示す2つのウエハステージWS1、WS2上で並行して行われる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、先に終了したウエハステージの方が待ち状態となり、両方の動作が終了した時点で図8に示す位置までウエハステージWS1、WS2が移動制御される。そして、露光シーケンスが終了したウエハステージWS2上のウエハW2は、右側ローディングポジションでウエハ交換がなされ、アライメントシーケンスが終了したウエハステージWS1上のウエハW1は、投影光学系PLの下で露光シーケンスが行われる。

【0127】図8に示される右側ローディングポジションでは、左側ローディングポジションと同様にアライメント系24bの下に基準マーク板FM2上の基準マークが来るように配置されており、前述のウエハ交換動作とアライメントシーケンスとが実行される事となる。勿論、干渉計システムの測長軸BI5Yの干渉計のリセット動作は、アライメント系24bによる基準マーク板FM2上のマーク検出に先立って実行されている。

【0128】次に、図7の状態から図8の状態へ移行する際の、主制御装置90による干渉計のリセット動作について説明する。

【0129】ウエハステージWS1は、左側ローディングポジションでアライメントを行った後に、図8に示される投影光学系PLの光軸AX中心（投影中心）の真下に基準板FM1上の基準マークが来る位置まで移動され

るが、この移動の途中で測長軸BI4Yの干渉計ビームが、ウエハステージWS1の反射面21に入射されなくなるので、アライメント終了後直ちに図8の位置までウエハステージを移動させることは困難である。このため、本実施形態では、次のような工夫をしている。

【0130】すなわち、先に説明したように、本実施形態では、左側ローディングポジションにウエハステージWS1がある場合に、アライメント系24aの真下に基準マーク板FM1が来るように設定されており、この位置で測長軸BI4Yの干渉計がリセットされているので、この位置までウエハステージWS1を一旦戻し、その位置から予めわかっているアライメント系24aの検出中心と投影光学系PLの光軸中心（投影中心）との距離（便宜上BLとする）にもとづいて、干渉計ビームの切れることのない測長軸BI1Xの干渉計16の計測値をモニタしつつ、ウエハステージWS1を距離BLだけX軸方向右側に移動させる。これにより、図8に示される位置までウエハステージWS1が移動されることになる。そして、主制御装置90では、レチクルアライメント顕微鏡142、144の少なくとも一方を用いて、基準マーク板FM1上のマークとレチクルマークとの相対位置関係を計測するのに先立って測長軸BI3Yの干渉計をリセットする。このリセット動作は、次に使用する測長軸がウエハステージ側面を照射できるようになった時点で実行することができる。

【0131】このように、干渉計のリセット動作を行っても高精度アライメントが可能な理由は、アライメント系24aにより基準マーク板FM1上の基準マークを計測した後、ウエハW1上の各ショット領域のアライメントマークを計測することにより、基準マークと、ウエハマークの計測により算出された仮想位置との間隔を同一のセンサにより算出しているためである。この時点で基準マークと露光すべき位置の相対距離が求められていることから、露光前にレチクルアライメント顕微鏡142、144により露光位置と基準マーク位置との対応がとれていれば、その値に前記相対距離を加えることにより、Y軸方向の干渉計の干渉計ビームがウエハステージの移動中に切れて再度リセットを行ったとしても高精度な露光動作を行うことができるのである。

【0132】なお、アライメント終了位置から図8の位置にウエハステージWS1が移動する間に、測長軸BI4Yが切れないような場合には、測長軸BI1X、BI4Yの計測値をモニタしつつ、アライメント終了後に直ちに、図8の位置までウエハステージを直線的に移動させてもよいことは勿論である。この場合、ウエハステージWS1のY軸と直交する反射面21に投影光学系PLの光軸AXを通る測長軸BI3Yがかかった時点で干渉計のリセット動作を行うようにしても良い。

【0133】上記と同様にして、露光終了位置からウエハステージWS2を図8に示される右側のローディング

ポジションまで移動させ、測長軸B15Yの干渉計のリセット動作を行えば良い。

【0134】また、図11には、ウエハステージWS1上に保持されるウエハW1上の各ショット領域を順次露光する露光シーケンスのタイミングの一例が示されており、図12には、これと並列的に行われるウエハステージWS2上に保持されるウエハW2上のアライメントシーケンスのタイミングが示されている。本実施形態では、2つのウエハステージWS1、WS2を独立して2次元方向に移動させながら、各ウエハステージ上のウエハW1、W2に対して露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとを並行して行うことにより、スループットの向上を図っている。

【0135】ところが、2つのウエハステージを使って2つの動作を同時並行処理する場合は、一方のウエハステージ上で行われる動作が外乱要因として、他方のウエハステージで行われる動作に影響を与える場合がある。また、逆に、一方のウエハステージ上で行われる動作が他方のウエハステージで行われる動作に影響を与えない動作もある。そこで、本実施形態では、並行処理する動作の内、外乱要因となる動作とならない動作とに分けて、外乱要因となる動作同士、あるいは外乱要因とならない動作同士が同時に行われるように、各動作のタイミング調整が図られる。

【0136】例えば、スキャン露光中は、ウエハW1とレチクルRとを等速で同期走査させることから外乱要因とならない上、他からの外乱要因を極力排除する必要がある。このため、一方のウエハステージWS1上でのスキャン露光中は、他方のウエハステージWS2上のウエハW2で行われるアライメントシーケンスにおいて静止状態となるようにタイミング調整がなされる。すなわち、アライメントシーケンスにおけるマーク計測は、ウエハステージWS2をマーク位置で静止させた状態で行われるため、スキャン露光にとって外乱要因とならず、スキャン露光中に並行してマーク計測を行うことができる。これを図11及び図12で見ると、図11においてウエハW1に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示されるスキャン露光と、図12においてウエハW2に対し動作番号「1、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、23」で示される各アライメントマーク位置におけるマーク計測動作が相互に同期して行われていることがわかる。一方、アライメントシーケンスにおいても、スキャン露光中は、等速運動なので外乱とはならず高精度計測が行えることになる。

【0137】また、ウエハ交換時においても同様のことが考えられる。特に、ロードアームからウエハをセンターアップに受け渡す際に生じる振動等は、外乱要因となり得るため、スキャン露光前、あるいは、同期走査が等速度で行われるようになる前後の加減速時（外乱要因と

なる）に合わせてウエハの受け渡しをするようにしても良い。

【0138】上述したタイミング調整は、主制御装置90によって行われる。

【0139】以上説明したように、本実施形態の投影露光装置10によると、2枚のウエハをそれぞれ独立に保持する2つのウエハステージを具備し、これら2つのウエハステージをXYZ方向に独立に移動させて、一方のウエハステージでウエハ交換とアライメント動作を実行する間に、他方のウエハステージで露光動作を実行する事とし、両方の動作が終了した時点でお互いの動作を切り換えるようにしたことから、スループットを大幅に向上させることが可能になる。

【0140】また、上記実施形態によると、投影光学系PLを挟んでマーク検出を行う少なくとも2つのアライメント系を具備しているため、2つのウエハステージを交互にずらすことにより、各アライメント系を交互に使用して行われるアライメント動作と露光動作とを並行処理することが可能になる。

【0141】その上、上記実施形態によると、ウエハ交換を行うウエハローダがアライメント系の近辺、特に、各アライメント位置で行えるように配置されているため、ウエハ交換からアライメントシーケンスへの移行がスムーズに行われ、より高いスループットを得ることができる。

【0142】さらに、上記実施形態によると、上述したような高スループットが得られるため、オフアクシスのアライメント系を投影光学系PLより大きく離して設置したとしてもスループットの劣化の影響が殆どなくなる。このため、高N.A.（開口数）であって且つ収差の小さい直筒型の光学系を設計して設置することが可能となる。

【0143】また、上記実施形態によると、2本のアライメント系及び投影光学系PLの各光軸のほぼ中心を計測する干渉計からの干渉計ビームを各光学系毎に有しているため、アライメント時や投影光学系を介してのパターン露光時のいずれの場合にも2つのウエハステージ位置をアップ誤差のない状態でそれぞれ正確に計測することができ、2つのウエハステージを独立して移動させることが可能になる。

【0144】さらに、2つのウエハステージWS1、WS2が並ぶ方向（ここではX軸方向）に沿って両側から投影光学系PLの投影中心に向けて設けられた測長軸B11X、B12Xは、常にウエハステージWS1、WS2に対して照射され、各ウエハステージのX軸方向位置を計測するため、2つのウエハステージが互いに干渉しないように移動制御することが可能になる。

【0145】その上、上記測長軸B11X、B12Xに対してアライメント系の検出中心や投影光学系PLの投影中心位置に向けて垂直に交差する方向（ここではY軸

10

20

30

40

50

方向)に測長軸BI3Y、BI4Y、BI5Yが照射されるように干渉計が配置され、ウエハステージを移動させて反射面から測長軸が外れたとしても、干渉計をリセットすることによりウエハステージを正確に位置制御することが可能となる。

【0146】そして、2つのウエハステージWS1、WS2上には、それぞれ基準マーク板FM1、FM2が設けられ、その基準マーク板上のマーク位置とウエハ上のマーク位置とを予めアライメント系で計測することによって得られる補正座標系との間隔を、露光前の基準板計測位置に対してそれぞれ加算する事によって、従来の様な投影光学系とアライメント系との間隔を計測するベースライン計測を行うことなくウエハの位置合わせが可能となり、特開平7-176468号公報に記載されるような大きな基準マーク板の搭載も不要となる。

【0147】また、上記実施形態によると、複数枚のレチクルRを使って二重露光を行うことから、高解像度とDOF(焦点深度)の向上効果が得られる。しかし、この二重露光法は、露光工程を少なくとも2度繰り返さなければならないため、露光時間が長くなって大幅にスループットが低下するが、本実施形態の投影露光装置を用いることにより、スループットが大幅に改善できるため、スループットを低下させることなく高解像度とDOFの向上効果が得られる。例えば、T1(ウエハ交換時間)、T2(サーチアライメント時間)、T3(ファインアライメント時間)、T4(1回の露光時間)において、8インチウエハにおける各処理時間をT1:9秒、T2:9秒、T3:12秒、T4:28秒とした場合、1つのウエハステージを使って一連の露光処理が為される従来技術により二重露光が行われると、スループット $THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4 * 2) = 3600 / (30 + 28 * 2) = 41$ [枚/時]となり、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する従来装置のスループット($THOR = 3600 / (T1 + T2 + T3 + T4) = 3600 / 58 = 62$ [枚/時])と比べてスループットが66%までダウンする。ところが、本実施形態の投影露光装置を用いてT1、T2、T3とT4とを並列処理しながら二重露光を行う場合は、露光時間の方が大きいため、スループット $THOR = 3600 / (28 + 28) = 64$ [枚/時]となることから、高解像度とDOFの向上効果を維持しつつスループットを改善することが可能となる。また、露光時間が長い分、EGA点数を増やすことが可能となり、アライメント精度が向上する。

【0148】なお、上記実施形態では、本発明が二重露光法を用いてウエハの露光を行う装置に適用された場合について説明したが、同様の技術であるスティッチングにも適用できる。更に、前述の如く、本発明の装置により、一方のウエハステージ側で2枚のレチクルにて2回露光を行う(二重露光、スティッチング)間に、独立に

可動できる他方のウエハステージ側でウエハ交換とウエハアライメントを並行して実施する場合に、従来の一重露光よりも高いスループットが得られるとともに、解像力の大幅な向上が図れるという特に大きな効果があるためである。しかしながら、本発明の適用範囲がこれに限定されるものではなく、一重露光法により露光する場合にも本発明は好適に適用できるものである。例えば、8インチウエハの各処理時間(T1~T4)が前述と同様であるとする、本発明のように2つのウエハステージを使って一重露光法で露光処理する場合、T1、T2、T3を1グループとし(計30秒)、T4(28秒)と並列処理を行うと、スループットは $THOR = 3600 / 30 = 120$ [枚/時]となり、1つのウエハステージを使って一重露光法を実施する従来のスループット $THOR = 62$ [枚/時]に比べてほぼ倍の高スループットを得る事が可能となる。

【0149】また、上記実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光を行う場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではなく、ステップ・アンド・リピート方式による静止露光を行う場合及びEB露光装置やX線露光装置、さらにはチップとチップを合成するスティッチング露光時であっても同様に適用できることは勿論である。

【0150】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1ないし10に記載の発明によれば、スループットを一層向上させることができる投影露光装置が提供される。

【0151】また、請求項11及び請求項12に記載の発明によれば、スループットを一層向上させることができる従来にない優れた投影露光方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態にかかる投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】2つのウエハステージとレチクルステージと投影光学系とアライメント系の位置関係を示す斜視図である。

【図3】ウエハステージの駆動機構の構成を示す平面図である。

【図4】投影光学系とアライメント系にそれぞれ設けられているAF/AL系を示す図である。

【図5】AF/AL系とTTRアライメント系の構成を示す投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図6】図5のパターン形成板の形状を示す図である。

【図7】2つのウエハステージを使ってウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとが行われている状態を示す平面図である。

【図8】図7のウエハ交換・アライメントシーケンスと露光シーケンスとの切り換えを行った状態を示す図である。

10

20

30

40

50

33

【図9】2枚のレチクルを保持する二重露光用のレチクルステージを示す図である。

【図10】(A)は図9のパターンAのレチクルを使ってウエハの露光を行った状態を示す図であり、(B)は図9のパターンBのレチクルを使ってウエハの露光を行った状態を示す図である。

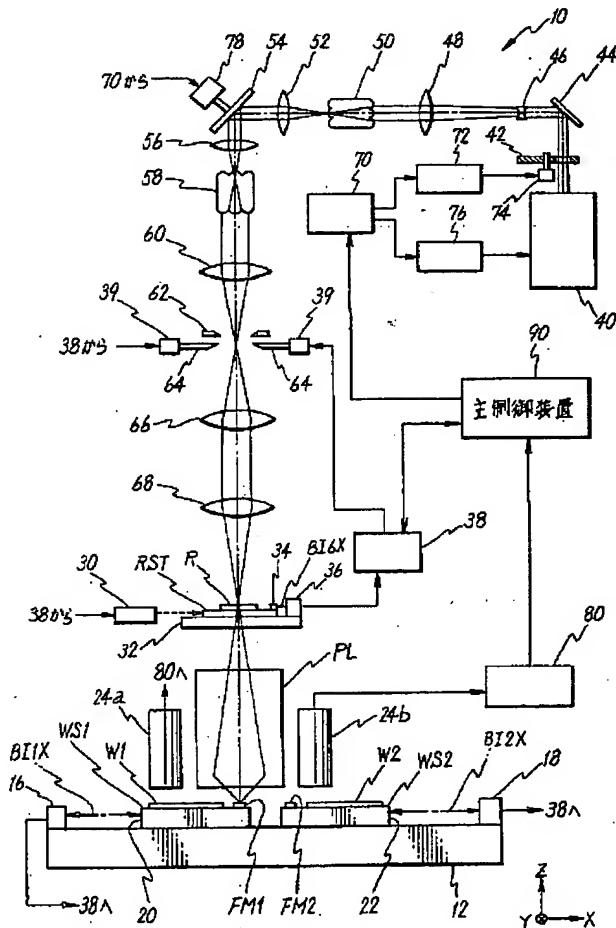
【図11】2つのウエハステージの一方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎の露光順序を示す図である。

【図12】2つのウエハステージの他方に保持されたウエハ上の各ショット領域毎のマーク検出順序を示す図である。

【符号の説明】

- 10 投影露光装置
24a、24b アライメント系
38 ステージ制御手段
90 主制御装置
180 センターアップ

【図1】



34

- 182 第1のローディングガイド
184 第1のアンロードアーム
186 第1のスライダ
188 第1のロードアーム
190 第2のスライダ
192 第2のローディングガイド
194 第2のアンロードアーム
196 第3のスライダ
198 第2のロードアーム
200 第4のスライダ

W1、W2 ウエハ

WS1、WS2 ウエハステージ

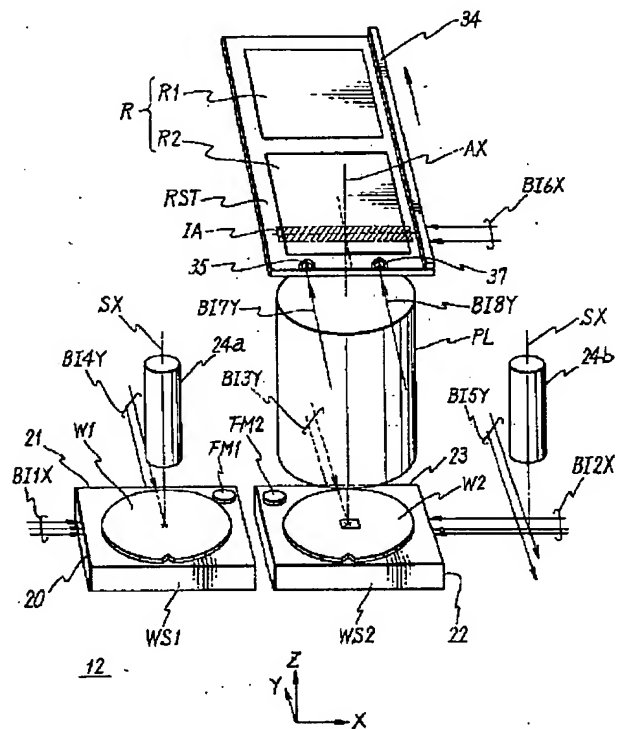
PL 投影光学系

BI1X~BI4Y 測長軸

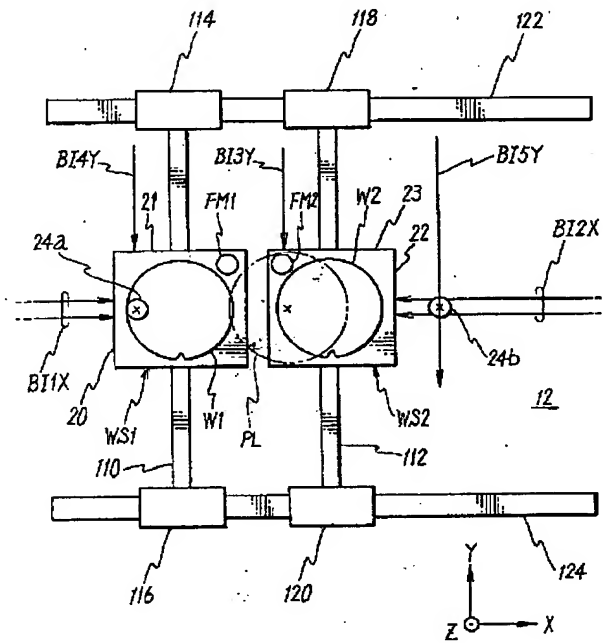
RST レチクルステージ

R レチクル

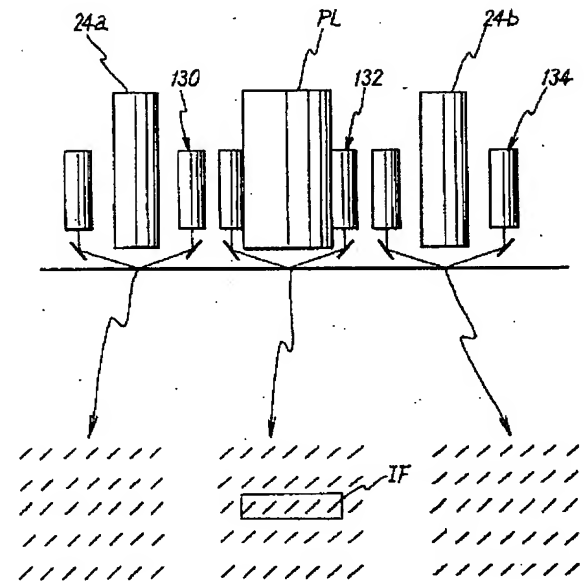
【図2】



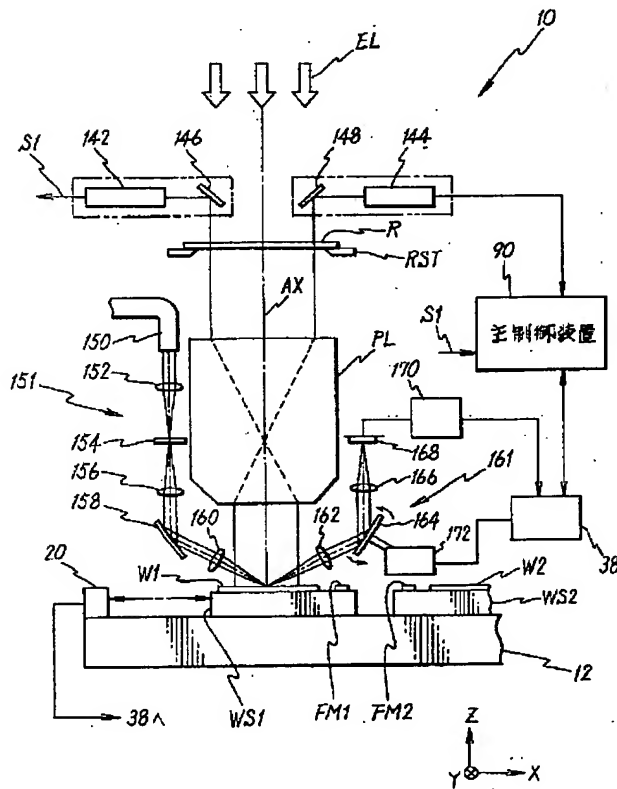
【図3】



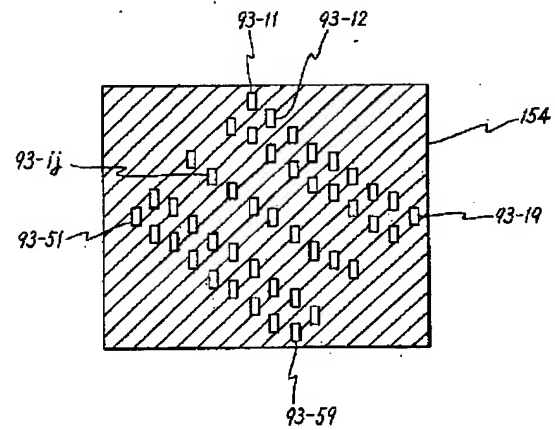
【図4】



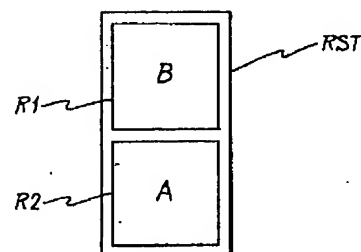
【図5】



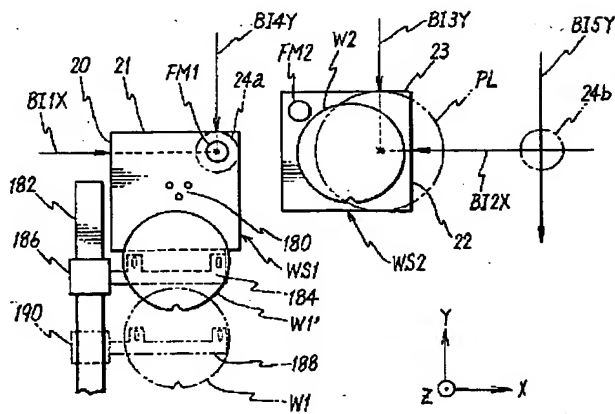
【図6】



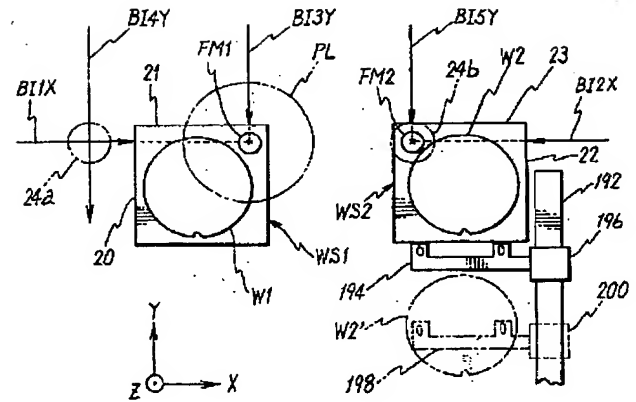
【図9】



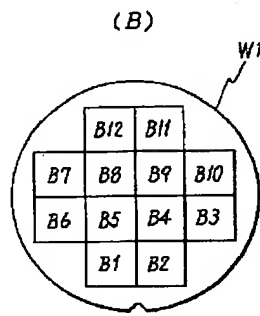
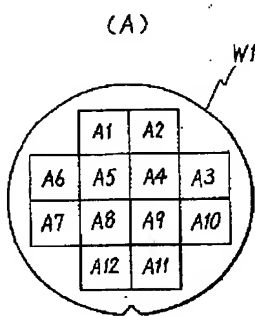
【図7】



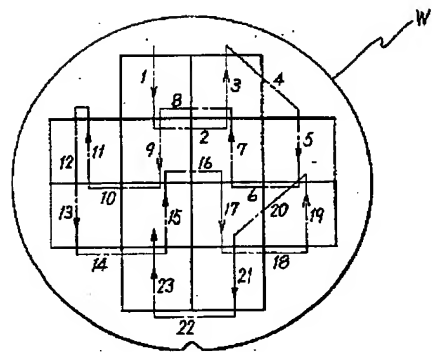
【図8】



【図10】



【図11】



【図12】

